

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA,
METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA**

UNIDAD DE POSGRADO

**Frentes de turbidez utilizando la variable de clorofila
para la evaluación de la calidad del agua en la Bahía de
Bayóvar en los años 2004-2014**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Ciencias
Ambientales con mención en Gestión y Control de la
Contaminación

AUTOR

Jorge Luis SUSANIBAR ZEVALLOS

ASESOR

Octavio FASHÉ RAYMUNDO

Lima – Perú

2018

Resumen

El objetivo de este trabajo de tesis es aplicar el algoritmo de Cayula y Cornillon, a fin de determinar los frentes de turbidez usando las imágenes de Clorofila (Chl) para la evaluación de la calidad del agua en la bahía de Bayovar en los años 2004-2014 obtenidas por el satélite MODIS. Este algoritmo se basa en el análisis del gradiente, que es la combinación operacional de algunos algoritmos (Cayula J. F. and P Cornillon , 1995). Así mismo, el algoritmo utiliza un filtro de mediana para los campos de TSM específicamente; Ya que el algoritmo no fue hecho para los datos de Chl, se tuvo que realizar un paso adicional en el análisis de los valores del histograma en las imágenes, para identificar los cambios abruptos que se ajusta una campana de Gauss simétrica de forma estadística, con la finalidad que el algoritmo pudiera reconocer dichos valores máximos de concentración y logre identificar el espectro de luz solar al incidir sobre una superficie de agua, que sufre una fuerte atenuación, debido a los procesos de absorción y dispersión, para este fenómeno es una respuesta espectral que es significativa en la medida que los niveles de clorofila nos ayuda a identificar el procesos de eutrofización y productividad primaria dentro del mar. Así mismo dicho proceso se relaciona directamente con la evaluación de la calidad de agua o la existencia de un deterioro de ella.

La ventaja de utilizar las imágenes de Chl, se relaciona con las convergencias de las masas de aguas de las desembocaduras de los ríos y el afloramiento costero. Dichos procesos de interacción nos permite identificar las mayores concentraciones de Chl se relaciones con la respuestas espectral que es reflejado por el coeficiente de atenuación difusa k_{490} y favorece en determinar el grado de turbidez de las masas del agua en circulación marina, se logró vincular el nivel de material orgánico, el material sedimentario y la oxigenación con profundidad disuelta en el océano, esto se enlaza con la reducción de concentración de oxígeno en la columna de agua y a la vez tiene que ver con el aumento de nutrientes (principalmente nitrógeno y fosforo) y material orgánico implica cambios de composición química y los organismos que contiene las masas de agua, por lo cual es muy difícil la separación y el aumento de nutrientes genera cambios químicos, biológicos y físicos de las masas de agua. Esta característica de agua abundante alimentos se relaciona con el proceso de eutrofización del agua lo que me permitirá determinar el grado de la calidad de agua debido al cual se origina los gradientes de densidad. Asimismo, el coeficiente de atenuación difusa k_{490} , presentan patrones espaciales que nos permite estudiar parámetros derivados como la productividad, bio-productividad, material orgánico disuelto y sedimentos.

El área de estudio está comprendido entre la coordenada geográfica $82,15^{\circ}$ W a $80,30^{\circ}$ W de longitud y $5,15^{\circ}$ S a $7,00^{\circ}$ S de latitud en la Bahía de Sechura (Bayovar). El período de estudio se realiza para los once años 2004 y 2014.

Los datos de Chl, proporcionados por el sensor MODIS, han sido obtenidos gratuitamente de la página web OCEAN COLOR, desde el enlace: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>. Se han utilizado programas fuentes desarrollado en IDL: “chlmodisbatch.pro” para el pre-procesamiento del productos Chl del sensor MODIS (Eche LI, 2009). Para la detección de frentes, se ha utilizado el algoritmo de Cayula y Cornillon de 2005, aplicado a los datos pre-procesados.

Los resultados nos permitieron interpretar la respuesta espectral por medio de los mapas de coeficiente de atenuación difusa k_{490} , desde el 1^{ro} de enero del 2004 hasta el 31 de diciembre del 2014, y nos determina tres regiones para el primero, segundo y tercero cuyo intervalo son 0.01 – 1.50 m-1/km, 1.50 – 2.50 m-1/km y 2.50 – 6.40 m-1/km respectivamente, se obtiene en base al contenido de materia orgánico disuelto, sedimento y material particulado en suspensión como consecuencia de las interacciones de las corrientes de agua, por lo tanto logramos caracterizar los tipos de aguas en función a la respuesta espectral que coincide con los frentes de turbidez y la relación de las corrientes marinas en el océano Pacífico (Corriente Oceánica Peruana, Contra Corriente Costera Peruana, Corriente Costera Peruana y la Corriente de Sub-superficial Ecuatorial), así mismo el deterioro de la calidad de agua, puede presentar diversos factores o actividades productivas en dicho lugar pero el método no logra identificar el tipo de sedimento o material particulado ni tampoco las actividad que genera la pérdida de la calidad de agua además dicha afirmación lo corroboramos con los informes del IMARPE la existencia de un ligero deterioro de la calidad de agua.

Abstract

The objective of this thesis is to apply the algorithm of Cayula and Cornillon, in order to determine the turbidity fronts using the Chlorophyll (Chl) images for the evaluation of water quality in Bayovar bay in the years 2004- 2014 obtained by the MODIS satellite. This algorithm is based on the gradient analysis, which is the operational combination of some algorithms (Cayula J. F. and P Cornillon, 1995). Also, the algorithm uses a median filter for the SST fields specifically; Since the algorithm was not made for the Chl data, an additional step had to be taken in the analysis of the histogram values in the images, to identify the abrupt changes that a symmetric Gaussian bell is fitted statistically, with the aim that the algorithm could recognize such maximum concentration values and manage to identify the spectrum of sunlight on a surface of water, which undergoes a strong attenuation, due to the absorption and dispersion processes, for this phenomenon is a spectral response Which is significant as chlorophyll levels help us to identify the processes of eutrophication and primary productivity within the sea. Likewise, this process is directly related to the evaluation of the water quality or the existence of a deterioration of it.

The advantage of using the images of Chl is related to the convergences of the masses of waters of the mouths of the rivers and the coastal outcrop. Such interaction processes allows us to identify the higher concentrations of Chl and ratios with the spectral responses that is reflected by the diffusion attenuation coefficient k_{490} and favors in determining the degree of turbidity of the masses of the water in marine circulation, it was possible to link The level of organic material, sedimentary material and oxygenation with dissolved depth in the ocean, this is linked to the reduction of oxygen concentration in the water column and at the same time has to do with the increase of nutrients (mainly nitrogen and phosphorus) And organic material involves changes of chemical composition and organisms that contain water bodies, making it very difficult to separate and increase nutrients, chemical, biological and physical changes of water bodies. This characteristic of abundant water food is related to the process of water eutrophication which will allow me to determine the degree of water quality due to which the density gradients originate. Also, the diffuse attenuation coefficient k_{490} , present spatial patterns that allow us to study derived parameters such as productivity, bio-productivity, dissolved organic material and sediments

The study area is between the geographic coordinates 82.15° W and 80.30° W in length and 5.15° S at 7.00° S latitude in the Bay of Sechura (Bayovar). The study period is for the eleven years 2004 and 2014.

The Chl data, provided by the MODIS sensor, has been obtained free of charge from the OCEAN COLOR web page, from the link: <http://oceancolor.gsfc.nasa.gov/>.

We have used source programs developed in IDL: "chlmodisbatch.pro" for the pre-processing of Chl products of the MODIS sensor (Eche Ll, 2009). For the detection of fronts, the algorithm of Cayula and Cornillon of 2005, applied to the pre-processed data has been used.

The results allowed us to interpret the spectral response by means of the k-490 dysfunction attenuation coefficient maps, from January 1, 2004 to December 31, 2014, and determine three regions for the first, second and third The results obtained are based on the content of dissolved organic matter, sediment and particulate matter in suspension, as a consequence of the presence of dissolved organic matter, as well as the amount of dissolved organic matter in the range of 0.01 - 1.50 m-1 / km, 1.50 - 2.50 m-1 / km and 2.50 - 6.40 m- The interactions of the water currents, therefore we were able to characterize the water types in function of the spectral response that coincides with the turbidity fronts and the relation of the marine currents in the Pacific Ocean (Peruvian Ocean Current, Peruvian Coastal Current , Peruvian Coastal Current and Equatorial Sub-surface Currents), as well as the deterioration of water quality, can present several factors or productive activities in that place But the method fails to identify the type of sediment or particulate material nor the activities generated by the loss of water quality. In addition, we confirm with the IMARPE reports the existence of a slight deterioration of water quality.